

<https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-1-51-57>



# Поиск ассоциаций индекса массы тела и минеральной плотности костной ткани у пациентов с переломами различной локализации

А.В. Тюрин<sup>1\*</sup>, Б.И. Ялаев<sup>2</sup>, К.Э. Ахиярова<sup>1</sup>, Р.Я. Миргалиева<sup>2</sup>, Р.И. Хусаинова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный медицинский университет, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

<sup>2</sup> Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

\* **Контакты:** Тюрин Антон Викторович, e-mail: anton.bgmu@gmail.com

**Тюрин Антон Викторович** — к.м.н., доцент, кафедра внутренних болезней, [orcid.org/0000-0002-0841-3024](https://orcid.org/0000-0002-0841-3024)

**Ялаев Булат Илдусович** — к.б.н., лаборатория молекулярной генетики человека, [orcid.org/0000-0003-4337-1736](https://orcid.org/0000-0003-4337-1736)

**Ахиярова Карина Эриковна** — аспирант, кафедра внутренних болезней, [orcid.org/0000-0001-5965-2108](https://orcid.org/0000-0001-5965-2108)

**Миргалиева Регина Явдатовна** — аспирант, лаборатория молекулярной генетики человека, [orcid.org/0000-0003-2582-5028](https://orcid.org/0000-0003-2582-5028)

**Хусаинова Рита Игоревна** — д.б.н., профессор, кафедра медицинской генетики, лаборатория молекулярной генетики человека, [orcid.org/0000-0002-8643-850X](https://orcid.org/0000-0002-8643-850X)

## Аннотация

**Введение.** Остеопороз является многофакторным метаболическим заболеванием, при котором возрастает риск перелома костей из-за снижения уровня минеральной плотности костной ткани. Согласно оценкам Международного фонда остеопороза, остеопорозу подвержены около 200 млн человек. Поэтому актуальной представляется разработка клинко-диагностических методов, которые позволили бы эффективно предсказывать риски переломов в различных отделах скелета и, основываясь на данных популяционных исследований, с высокой точностью прогнозировать течение заболевания. **Цель:** исследование уровней индекса массы тела и минеральной плотности костной ткани у мужчин и женщин с переломами различной локализации. **Материал и методы.** Было обследовано 828 женщин постменопаузального возраста ( $61,94 \pm 7,98$  года) и 496 мужчин старше 50 лет ( $62,03 \pm 10,83$  года). Пациентам было проведено измерение минеральной плотности костной ткани (МПКТ) методом двухфазной абсорбционной рентгеновской денситометрии (DEXA) с использованием аппарата QDR 4500A (Hologic, США) в стандартных локализациях и измерен индекс массы тела (ИМТ). **Результаты и обсуждение.** Были выявлены ассоциации ИМТ с переломами периферических костей, МПКТ поясничных позвонков с переломами периферических костей и позвоночника, МПКТ шейки бедра с переломами данной локализации у женщин. У мужчин выявлены ассоциации ИМТ, МПКТ поясничного отдела позвоночника с переломами всех локализаций и МПКТ шейки бедренной кости с переломами позвоночника и сочетанными переломами. **Заключение.** У женщин снижение МПКТ шейки бедренной кости повышает риск переломов в целом, МПКТ поясничного отдела позвоночника — только переломов данной локализации. У мужчин снижение МПКТ как поясничного отдела позвоночника, так и шейки бедренной кости повышает риск переломов различной локализации. Снижение ИМТ повышает риск переломов в целом как у мужчин, так и у женщин.

**Ключевые слова:** остеопороз, переломы позвоночника, переломы шейки бедра, переломы при остеопорозе, минеральная плотность кости, индекс массы тела, денситометрия, сочетанные переломы

**Для цитирования:** Тюрин А.В., Ялаев Б.И., Ахиярова К.Э., Миргалиева Р.Я., Хусаинова Р.И. Поиск ассоциаций индекса массы тела и минеральной плотности костной ткани у пациентов с переломами различной локализации. Креативная хирургия и онкология. 2023;13(1):51–57. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-1-51-57>

# Detecting Associations Between Body Mass Index and Bone Mineral Density in Patients with Fractures of Different Localizations

**Anton V. Tyurin** — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Internal Medicine, orcid.org/0000-0002-0841-3024

**Bulat I. Yalaev** — Cand. Sci. (Biol.), Laboratory of Human Molecular Genetics, orcid.org/0000-0003-4337-1736

**Karina E. Akhilarova** — Post-graduate Student, Department of Internal Medicine, orcid.org/0000-0001-5965-2108

**Regina Y. Mirgalieva** — Post-graduate Student, Laboratory of Human Molecular Genetics, orcid.org/0000-0003-2582-5028

**Rita I. Khusainova** — Dr. Sci. (Biology), Prof., Department of Medical Genetics, Laboratory of Human Molecular Genetics, orcid.org/0000-0002-8643-850X

*Anton V. Tyurin<sup>1,\*</sup>, Bulat I. Yalaev<sup>2</sup>, Karina E. Ahiiarova<sup>1</sup>, Regina Y. Mirgalieva<sup>2</sup>, Rita I. Khusainova<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation

\* **Correspondence to:** Anton V. Tyurin, e-mail: anton.bgmu@gmail.com

## Abstract

**Introduction.** Osteoporosis is a multifactorial metabolic disease that increases the risk of bone fracture because of reduced bone mineral density. The International Osteoporosis Foundation estimates that about 200 million people are affected by osteoporosis. Therefore, it is relevant to develop clinical and diagnostic methods that would make it possible to effectively predict fracture risks in different parts of the skeleton and, based on population studies, to accurately predict the course of the disease. **Aim.** To study the levels of body mass index and bone mineral density in men and women with fractures of different localizations. **Materials and methods.** 828 postmenopausal women ( $61.94 \pm 7.98$  years) and 496 men over 50 years ( $62.03 \pm 10.83$  years) were examined. Bone mineral density (BMD) was measured by means of two-phase Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) using QDR 4500A (Hologic, USA) in standard locations. Body mass index (BMI) was also assessed. **Results and discussion.** The study has revealed associations between BMI and peripheral bone fractures, BMD of the lumbar vertebrae and fractures of the peripheral bones and spine, BMD of the femoral neck and fractures of this localization in women. In men, associations were revealed between BMI, BMD of the lumbar spine and fractures of all localizations, as well as between BMD of the femoral neck and spinal fractures and concomitant fractures. **Conclusion.** In women, a decrease in BMD of the femoral neck enhances the risk of fractures in general, BMD of the lumbar spine — only the risk of fractures of this localization. In men, a decline in BMD of both the lumbar spine and the femoral neck increases the risk of fractures of various localizations. Reduced BMI enhances the risk of fractures in general in both men and women.

**Keywords:** osteoporosis, spinal fractures, femoral neck fractures, osteoporosis fractures, bone mineral density, body mass index, densitometry, concomitant fractures

**For citation:** Tyurin A.V., Yalaev B.I., Ahiiarova K.E., Mirgalieva R.Y., Khusainova R.I. Detecting associations between body mass index and bone mineral density in patients with fractures of different localizations. Creative surgery and oncology. 2023;13(1):51–57. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-1-51-57>

## ВВЕДЕНИЕ

Остеопороз — многофакторное метаболическое заболевание, при котором возрастает риск перелома костей, снижается уровень минеральной плотности костной ткани (МПКТ) и нарушается ее архитектура [1]. Согласно оценкам Международного фонда остеопороза, остеопорозу подвержены около 200 млн человек [2], при этом основная доля остеопоротических переломов приходится на шейку бедра, позвоночник и кости предплечья. Согласно прогнозам, к 2050 году во всем мире количество остеопоротических переломов может увеличиться на 310 % у мужчин и на 240 % у женщин [3]. Большая частота переломов, в свою очередь, увеличивает финансово-экономическую нагрузку на систему здравоохранения, так как лечение и уход за больными с переломами длителен и требует высоких затрат. Поэтому актуальной представляется разработка клинко-диагностических методов, которые бы позволили эффективно предсказывать риски переломов в различных отделах скелета и, основываясь на данных популяционных исследований, с высокой точностью прогнозировать течение заболевания.

Диагностика заболевания основана на количественной оценке МПКТ, которая оценивается с использованием двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (Dual-energy X-ray absorptiometry — DEXA), считается основным критерием риска развития остеопороза и переломов и широко используется в клинической практике [4]. В то же время существуют исследования, в которых отмечается и недостаточность применения метода DEXA для оценки риска переломов [5, 6], что требует рассмотрения других возможных предикторов. Одним из факторов, влияющих на развитие ОП и переломов, является индекс массы тела (ИМТ). Его снижение ранее считалось безусловным фактором риска развития ОП. Однако после проведения стандартизации по МПКТ низкий ИМТ потерял свою прогностическую значимость, кроме случаев переломов в проксимальном отделе бедра у пациентов с ИМТ 20 кг/м<sup>2</sup> и ниже [7]. При этом все еще сохраняется необходимость оценки рисков с использованием данного показателя, особенно с учетом комплексной оценки уровня МПКТ и риска переломов в зависимости от пола. В 2017 году группой ученых (Bing-Yan Xiang et al.) был проведен сравнительный метаанализ результатов работ по поиску ассоциации индекса массы тела с риском возникновения переломов в 37 когортах, в которые вошли 506 004 женщины и 118 372 мужчины. Авторы пришли к выводу, что низкий ИМТ не был связан с риском переломов ни у мужчин ( $p = 0,051$ ), ни у женщин ( $p = 0,083$ ), что вводит в противоречие с целым рядом данных других исследований и также требует дальнейшего изучения [8].

**Цель:** исследование уровней индекса массы тела и минеральной плотности костной ткани у мужчин и женщин с переломами различной локализации.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было обследовано 828 женщин постменопаузального возраста ( $61,94 \pm 7,98$  года) и 496 мужчин старше 50 лет

( $62,03 \pm 10,83$  года) на базе городской больницы № 21 г. Уфы с 2008 по 2018 год. Всем пациентам было проведено измерение минеральной плотности костной ткани методом двухфазной абсорбционной рентгеновской денситометрии (DEXA) с использованием аппарата QDR 4500A (Hologic, США) с определением минеральной плотности костной ткани в стандартных локализациях (проксимальный отдел бедренной кости, поясничный отдел позвоночника). Наличие низкотравматических переломов оценивали по данным анамнеза и результатам рентгенографии костей. Критериями исключения были системные заболевания соединительной ткани, прием медикаментов, способных отрицательно влиять на уровень костного и мышечного метаболизма, активная бактериальная или вирусная инфекция, отказ от участия в исследовании. Также были исключены пациенты, курящие и употребляющие алкоголь в количестве более 3 стандартных доз в сутки. Все исследуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии со стандартами, разработанными Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (WMA) «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» и с одобрения локального биоэтического комитета БГМУ.

Сформированные выборки были разделены на группы сравнения по наличию переломов и их локализации: 1-я группа — с переломами поясничного отдела позвоночника (50 мужчин и 29 женщин), 2-я группа — с переломами периферических костей, в том числе шейки бедра, голени, бедренной кости и др. (76 мужчин и 263 женщины), 3-я — группа с сочетанными переломами поясничного отдела позвоночника и периферических костей скелета (18 мужчин и 11 женщин) и 4-я группа — с нетипичными переломами в локализациях, которые, как правило, менее всего подвержены переломам при остеопорозе: переломы черепа, костей лица, пальцев верхних и нижних конечностей, копчика (7 мужчин и 47 женщин). Контрольную группу составили 345 мужчин и 478 женщин без переломов. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакетов программ MS Excel, Statistica 7.0. После оценки нормальности распределения методом Колмогорова — Смирнова использовались методы описательной (вычисление среднего и ошибки среднего) и сравнительной (парный  $t$ -тест Стьюдента, критерий  $\chi^2$  Пирсона) статистики. Все статистические тесты выполнялись для двустороннего уровня значимости, статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ , где  $p$  — уровень значимости критерия.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Основной локализацией переломов как у женщин, так и мужчин были кости периферического скелета — в первую очередь шейка бедренной кости. Частота переломов позвоночника была статистически значимо выше у мужчин (33,13 и 8,28%;  $\chi^2 = 22,14$ ,  $p = 0,0001$ ), также чаще встречались переломы сочетанных

локализаций (11,92 и 3,14 %;  $\chi^2 = 13,84$ ,  $p = 0,001$ ). У женщин статистически чаще встречались переломы трубчатых костей периферического скелета (75,12 и 50,32 %,  $\chi^2 = 18,14$ ,  $p = 0,0001$ ) и переломы нетипичных локализаций (13,46 и 4,63 %;  $\chi^2 = 15,21$ ,  $p = 0,0002$ ). Результаты измерения МПКТ, вычисления  $T$ -критерия и ИМТ у женщин представлены в таблице 1.

Был проведен анализ полученных значений в каждой группе относительно группы контроля. У женщин изменение индекса массы тела было ассоциировано с переломами в целом, а также с переломами периферических костей скелета и сочетанных локализаций. Уровень минеральной плотности костной ткани поясничного отдела позвоночника был закономерно ассоциирован с переломами, при этом числовое значение  $T$ -критерия хоть и было меньше, чем в группе контроля, но не было статистически значимо ассоциировано с переломами. Абсолютные значения МПКТ шейки бедренной кости были сопоставимы в исследуемых группах и группе контроля, однако при этом значения  $T$ -критерия различались, и его снижение было статистически значимо ассоциировано с переломами в целом, переломами

позвоночника и переломами периферических костей скелета. Аналогичные результаты измерения МПКТ, вычисления  $T$ -критерия и ИМТ у мужчин представлены в таблице 2.

У мужчин были выявлены ассоциации изменения ИМТ с переломами в целом, а также с переломами сочетанных локализаций. Значения минеральной плотности костной ткани поясничного отдела позвоночника как в абсолютном значении, так и в виде  $T$ -критерия были ассоциированы с переломами в целом, а также со всеми основными группами остеопоротических переломов, за исключением нетипичных локализаций. При этом абсолютные значения уровня МПКТ шейки бедренной кости были ассоциированы только с переломами сочетанной локализации, а значения  $T$ -критерия — с переломами в целом, переломами позвоночника и сочетанными переломами.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Принято считать, что мужчины менее подвержены остеопорозу и риску переломов, в том числе за счет более высокого пика костной массы, более медленной

| Показатель                   | Переломы в целом                                | Группа 1<br>$n = 29$                           | Группа 2<br>$n = 263$                           | Группа 3<br>$n = 11$                         | Группа 4<br>$n = 47$ | Контроль<br>$n = 478$ |
|------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| ИМТ, кг/м <sup>2</sup>       | $26,70 \pm 4,52$<br>$t = 4,43$<br>$p = 0,00001$ | $28,20 \pm 5,02$                               | $26,64 \pm 4,59$<br>$t = 4,23$<br>$p = 0,00002$ | $25,63 \pm 3,71$<br>$t = 2,56$<br>$p = 0,01$ | $28,78 \pm 3,85$     | $28,40 \pm 5,18$      |
| МПКТ LS (г/см <sup>2</sup> ) | $0,81 \pm 0,18$                                 | $0,68 \pm 0,24$<br>$t = 2,11$<br>$p = 0,035$   | $0,82 \pm 0,17$                                 | $0,76 \pm 0,16$                              | $0,81 \pm 0,02$      | $0,87 \pm 0,19$       |
| $T$ -LS                      | $-1,86 \pm 1,22$                                | $-2,17 \pm 1,45$                               | $-1,93 \pm 1,16$                                | $-1,54 \pm 1,16$                             | $-2,12 \pm 0,53$     | $-1,59 \pm 1,53$      |
| МПКТ FN (г/см <sup>2</sup> ) | $0,73 \pm 0,14$                                 | $0,75 \pm 0,15$                                | $0,71 \pm 0,13$                                 | $0,74 \pm 0,14$                              | $0,78 \pm 0,03$      | $0,76 \pm 0,15$       |
| $T$ -FN                      | $-1,89 \pm 1,11$<br>$t = 3,82$<br>$p = 0,00012$ | $-2,33 \pm 1,04$<br>$t = 3,51$<br>$p = 0,0005$ | $-1,90 \pm 1,12$<br>$t = 3,62$<br>$p = 0,00038$ | $-1,80 \pm 0,92$                             | $-1,49 \pm 0,35$     | $-1,34 \pm 1,19$      |

**Таблица 1.** Показатели ИМТ, МПКТ и  $T$ -критерия у женщин с различными локализациями переломов

**Table 1.** BMI, BMD and  $T$ -test scores in women with different fracture localizations

**Примечание.** LS — поясничный отдел позвоночника, FN — шейка бедренной кости,  $t$  — критерий Стьюдента.

**Note.** LS — lumbar spine, FN — femoral neck,  $t$  — Student's  $T$ -test.

| Показатель                   | Переломы в целом                                | Группа 1<br>$n = 50$                           | Группа 2<br>$n = 76$                          | Группа 3<br>$n = 18$                            | Группа 4<br>$n = 7$ | Контроль<br>$n = 345$ |
|------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| ИМТ, кг/м <sup>2</sup>       | $26,54 \pm 4,508$<br>$t = 3,8$<br>$p = 0,0016$  | $27,02 \pm 4,75$                               | $27,47 \pm 4,89$                              | $25,33 \pm 3,76$<br>$t = 3,92$<br>$p = 0,00013$ | $27,72 \pm 4,08$    | $28,44 \pm 4,67$      |
| МПКТ LS (г/см <sup>2</sup> ) | $0,88 \pm 0,18$<br>$t = 5,83$<br>$p = 0,00001$  | $0,84 \pm 0,21$<br>$t = 3,38$<br>$p = 0,0027$  | $0,95 \pm 0,15$<br>$t = 2,11$<br>$p = 0,045$  | $0,77 \pm 0,12$<br>$t = 6,61$<br>$p = 0,00001$  | $1,08 \pm 0,14$     | $1,01 \pm 0,20$       |
| $T$ -LS                      | $-1,94 \pm 1,62$<br>$t = 5,96$<br>$p = 0,00001$ | $-2,40 \pm 1,90$<br>$t = 3,05$<br>$p = 0,0044$ | $-1,23 \pm 1,45$<br>$t = 2,11$<br>$p = 0,047$ | $-2,90 \pm 1,13$<br>$t = 6,61$<br>$p = 0,00001$ | $-0,03 \pm 1,24$    | $-0,73 \pm 1,89$      |
| МПКТ FN (г/см <sup>2</sup> ) | $0,80 \pm 0,16$                                 | $0,81 \pm 0,17$                                | $0,84 \pm 0,14$                               | $0,71 \pm 0,12$<br>$t = 5,83$<br>$p = 0,00001$  | $1,10 \pm 0,18$     | $0,87 \pm 0,17$       |
| $T$ -FN                      | $-1,46 \pm 1,11$<br>$t = 4,54$<br>$p = 0,00001$ | $-1,42 \pm 1,09$<br>$t = 3,88$<br>$p = 0,0002$ | $-1,07 \pm 0,98$                              | $-2,17 \pm 0,86$<br>$t = 6,88$<br>$p = 0,00001$ | $0,43 \pm 1,22$     | $-0,88 \pm 1,12$      |

**Таблица 2.** Показатели ИМТ, МПКТ и  $T$ -критерия у мужчин с различными локализациями переломов

**Table 2.** BMI, BMD and  $T$ -test scores in men with different fracture localizations

**Примечание.** LS — поясничный отдел позвоночника, FN — шейка бедренной кости,  $t$  — критерий Стьюдента.

**Note.** LS — lumbar spine, FN — femoral neck,  $t$  — Student's  $T$ -test

скорости снижения МПКТ, чем женщины. Это подтверждается рядом исследований [9], однако данные последних лет не столь однозначны. Выявленные различия у мужчин и женщин указывают на необходимость дальнейших исследований дифференциальной связи уровня МПКТ с рисками переломов в различных локализациях. Литературные источники по данным вопросам предоставляют противоречивые данные, поскольку первичный остеопороз у мужчин изучен в меньшей степени. В ряду факторов, влияющих на особенности течения ОП в различных возрастных и гендерных группах, называют различия в профилях половых гормонов, оказывающих значимое влияние на метаболизм костной ткани, усиливая набор пиковой костной массы у мужчин и увеличивая толщину кортикального слоя кости [10], курение, при котором отмечалась более низкая МПКТ у мужчин [11], факт предыдущих переломов, который ускоряет снижение МПКТ до 20 % [12], и ряд других параметров. В исследовании пожилых мужчин МПКТ правой руки являлась предиктором переломов запястья наряду с такими факторами, как анамнез предыдущих переломов, высокий сывороточный уровень фосфатов, прием препаратов из группы ингибиторов селективного обратного захвата серотонина и сниженная сила запястья по данным динамометрии [13]. Внутри когорты мужчин также присутствует некоторая гетерогенность в зависимости от локализации перелома и этнической принадлежности. Так, средние различия МПКТ шейки бедренной кости и поясничного отдела позвоночника между субъектами с переломом и без перелома были статистически значимыми во всех когортах, за исключением афроамериканцев США и азиатских мужчин. В то же время не было выявлено ассоциаций МПКТ шейки бедренной кости и частоты переломов данной локализации [14]. Традиционно используемый параметр — индекс массы тела — также не может в полной мере являться надежным предиктором предсказания фенотипа и клинических особенностей течения заболевания. Увеличение индекса массы тела происходит параллельно с увеличением минеральной плотности костной ткани, достигая плато на уровне  $30 \text{ кг/м}^2$ . Более высокий индекс массы тела был связан с более низким риском серьезных остеопоротических переломов у женщин в многовариантных моделях. Протективная ассоциация более высокого ИМТ с переломом бедра была сильнее и лишь частично объяснялась минеральной плотностью костей ( $OR = 0,79 [0,73-0,99]$  для ожирения I и  $OR = 0,79 [0,46-0,98]$  для ожирения II). Также низкий ИМТ расценивался как фактор риска переломов периферического скелета и ребер, но не был ассоциирован с переломами бедренной кости [15]. При этом не было выявлено ассоциаций более высокого индекса массы тела с риском остеопоротических переломов бедра у мужчин [16]. По результатам другого исследования, пациенты с переломами позвоночника имели наименьшие показатели МПКТ как на трабекулярных, так и на кортикальных участках; с переломом бедра и без переломов позвоночника — наибольшие значения трабекулярной кости

и в большинстве кортикальных костей; с переломами бедра и позвоночника — промежуточные значения в большинстве измерений [17].

Расчетная минеральная плотность костной ткани пяточной кости по шкалам генетического риска явилась независимым предиктором переломов предплечья и позвонков, в то время как подобный параметр для бедренной кости оказался информативен для прогнозирования переломов бедра. Это может быть связано с наличием уникальной информации о микроструктуре губчатой кости, полезной для прогнозирования переломов предплечья и позвонков [18]. Одним из наиболее чувствительных современных предикторов переломов считают микроархитектонику костной ткани, исследуемую с применением компьютерной томографии высокого разрешения. У большинства пожилых пациентов обоего пола с переломами шейки бедренной кости уровень  $T$ -критерия не был ниже  $-2,5$ ; соответственно, не отвечал формальным признакам наличия остеопороза, однако были выявлены изменения структуры костной ткани по данным КТ высокого разрешения [19].

Полученные нами результаты могут свидетельствовать о клинической гетерогенности остеопороза и наличии его различных эндотипов, в том числе с сохраненным значением МПКТ. Имеющиеся гендерные различия являются основанием для разработки дифференцированных оценок риска развития остеопороза у мужчин и женщин на основании персонализированных критериев. Перспективными являются разработки генетических критериев, в ряде публикаций получены значимые ассоциации как с формированием остеопороза различных локализаций [20], так и ряда предрасполагающих факторов патологии опорно-двигательного аппарата (патент на изобретение № 2784354) [21].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, у женщин уровень МПКТ шейки бедренной кости в виде  $T$ -критерия может быть использован для прогнозирования риска развития переломов в целом, МПКТ поясничного отдела позвоночника — только для переломов данной локализации. У мужчин уровень МПКТ как поясничного отдела позвоночника, так и шейки бедренной кости в виде  $T$ -критерия может быть использован для прогнозирования риска развития переломов различной локализации. Несмотря на наличие ассоциаций индекса массы тела и переломов различных локализаций, значение данного параметра как патогенетического фактора перелома и маркера риска нуждается в дальнейшем исследовании.

**Информация о конфликте интересов.** Конфликт интересов отсутствует.

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Информация о спонсорстве.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-315-90083, а также в рамках государственного задания Минобрнауки России (№ АААА-А16-116020350032-1).

**Funding.** The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research under Scientific Project No. 19-315-90083 and by the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia (No. AAAA-A16-116020350032-1).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Anthamatten A., Parish A. Clinical update on osteoporosis. *J Midwifery Womens Health*. 2019;64(3):265–75. DOI: 10.1111/jmwh.12954
- 2 Salari N., Ghasemi H., Mohammadi L., Behzadi M.H., Rabieenia E., Shohaimi S., et al. The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2021;16(1):609. DOI: 10.1186/s13018-021-02772-0
- 3 Дудинская Е.Н., Ткачева О.Н., Мачехина Л.В., Остапенко В.С., Браилова Н.В. Применение терипаратида в лечении тяжелого остеопороза в гериатрической практике: описание клинического случая. Ожирение и метаболизм. 2019;16(4):80–9. DOI: 10.14341/omet10052
- 4 Kanis J.A., Cooper C., Rizzoli R., Reginster J.Y. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2019;30(1):3–44. DOI: 10.1007/s00198-018-4704-5
- 5 Cozadd A.J., Schroder L.K., Switzer J.A. Fracture risk assessment: an update. *J Bone Joint Surg Am*. 2021;103(13):1238–46. DOI: 10.2106/JBJS.20.01071
- 6 Shevroja E., Cafarelli F.P., Guglielmi G., Hans D. DXA parameters, trabecular bone score (TBS) and bone mineral density (BMD), in fracture risk prediction in endocrine-mediated secondary osteoporosis. *Endocrine*. 2021;74(1):20–8. DOI: 10.1007/s12020-021-02806-x
- 7 De Laet C., Kanis J.A., Odén A., Johanson H., Johnell O., Delmas P., et al. Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2005;16(11):1330–8. DOI: 10.1007/s00198-005-1863-y
- 8 Xiang B.Y., Huang W., Zhou G.Q., Hu N., Chen H., Chen C. Body mass index and the risk of low bone mass-related fractures in women compared with men: A PRISMA-compliant meta-analysis of prospective cohort studies. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(12):e5290. DOI: 10.1097/MD.0000000000005290
- 9 Guagnelli M.A., Winzenrieth R., Deleze M., Cons-Molina F., Clark P. Description of normative spine TBS data for men and women in mexican population. *J Clin Densitom*. 2021;24(1):129–34. DOI: 10.1016/j.jocd.2020.06.003
- 10 Khosla S., Monroe D.G. Regulation of bone metabolism by sex steroids. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2018;8(1):a031211. DOI: 10.1101/cshperspect.a031211
- 11 van Dort M.J., Driessen J.H.M., Geusens P., Romme E.A.P.M., Smeenk F.W.J.M., Wouters E.F.M., et al. Vertebral bone attenuation in Hounsfeld Units and prevalent vertebral fractures are associated with the short-term risk of vertebral fractures in current and ex-smokers with and without COPD: a 3-year chest CT follow-up study. *Osteoporos Int*. 2019;30(8):1561–71. DOI: 10.1007/s00198-019-04977-w
- 12 Christiansen B.A., Harrison S.L., Fink H.A., Lane N.E. Incident fracture is associated with a period of accelerated loss of hip BMD: the study of osteoporotic fractures. *Osteoporos Int*. 2018;29(10):2201–9. DOI: 10.1007/s00198-018-4606-6
- 13 Wright N.C., Hooker E.R., Nielson C.M., Ensrud K.E., Harrison S.L., Orwoll E.S., et al. The epidemiology of wrist fractures in older men: the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) study. *Osteoporos Int*. 2018;29(4):859–70. DOI: 10.1007/s00198-017-4349-9
- 14 Shin M.H., Zmuda J.M., Barrett-Connor E., Sheu Y., Patrick A.L., Leung P.C., et al. Race/ethnic differences in associations between bone mineral density and fracture history in older men. *Osteoporos Int*. 2014;25(3):837–45. DOI: 10.1007/s00198-013-2503-6
- 15 Harvey N.C., Odén A., Orwoll E., Lapidus J., Kwok T., Karlsson M.K., et al. Measures of physical performance and muscle strength as predictors of fracture risk independent of FRAX, falls, and aBMD: a meta-analysis of the osteoporotic fractures in men (MrOS) study. *J Bone Miner Res*. 2018;33(12):2150–7. DOI: 10.1002/jbmr.3556
- 16 Gajic-Veljanoski O., Papaioannou A., Kennedy C., Ioannidis G., Berger C., Kin On Wong A., et al. Osteoporotic fractures and obesity affect frailty progression: a longitudinal analysis of the Canadian multicentre osteoporosis study. *BMC Geriatr*. 2018;18:4. DOI: 10.1186/s12877-017-0692-0
- 17 Shen J., Leslie W., Nielson C., Majumdar S., Morin S., Orwoll E. Associations of body mass index with incident fractures and hip structural parameters in a large canadian cohort. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016;101(2):476–84. DOI: 10.1210/jc.2015-3123
- 18 Nethander M., Pettersson-Kymmer U., Vandenput L., Lorentzon M., Karlsson M., Mellström D., et al. BMD-related genetic risk scores predict site-specific fractures as well as trabecular and cortical bone microstructure. *J Clin Endocrinol Metab*. 2020;105(4):e1344–57. DOI: 10.1210/clinem/dgaa082
- 19 Samelson E.J., Broe K.E., Xu H., Yang L., Boyd S., Biver E., et al. Cortical and trabecular bone microarchitecture as an independent predictor of incident fracture risk in older women and men in the Bone Microarchitecture International Consortium (BoMIC): a prospective study. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2019;7(1):34–43. DOI: 10.1016/S2213-8587(18)30308-5
- 20 Yalaev B., Tyurin A., Prokopenko I., Karunas A., Khusnutdinova E., Khusainova R. Using a polygenic score to predict the risk of developing primary osteoporosis. *Int J Mol Sci*. 2022;23(17):10021. DOI: 10.3390/ijms231710021
- 21 Тюрин А.В., Хусаинова Р.И., Ганцева Х.Х., Ахиярова К.Э., Садретдинова Л.Д., Ахметова А.М., Минигалина К.М. Башкирский государственный медицинский университет. Способ прогнозирования развития плоскостопия у молодых лиц: патент. Российская Федерация 2784354 C1 от 06.05.2022.

## REFERENCES

- 1 Anthamatten A., Parish A. Clinical update on osteoporosis. *J Midwifery Womens Health*. 2019;64(3):265–75. DOI: 10.1111/jmwh.12954
- 2 Salari N., Ghasemi H., Mohammadi L., Behzadi M.H., Rabieenia E., Shohaimi S., et al. The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2021;16(1):609. DOI: 10.1186/s13018-021-02772-0
- 3 Dudinskaya E.N., Tkacheva O.N., Machechina L.V., Ostapenko V.S., Brailova N.V. Use of teriparatide in treatment of severe osteoporosis in geriatric practice: a clinical case review. *Obesity and metabolism*. 2019;16(4):80–9 (In Russ.). DOI: 10.14341/omet10052
- 4 Kanis J.A., Cooper C., Rizzoli R., Reginster J.Y. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2019;30(1):3–44. DOI: 10.1007/s00198-018-4704-5
- 5 Cozadd A.J., Schroder L.K., Switzer J.A. Fracture risk assessment: an update. *J Bone Joint Surg Am*. 2021;103(13):1238–46. DOI: 10.2106/JBJS.20.01071
- 6 Shevroja E., Cafarelli F.P., Guglielmi G., Hans D. DXA parameters, trabecular bone score (TBS) and bone mineral density (BMD), in fracture risk prediction in endocrine-mediated secondary osteoporosis. *Endocrine*. 2021;74(1):20–8. DOI: 10.1007/s12020-021-02806-x
- 7 De Laet C., Kanis J.A., Odén A., Johanson H., Johnell O., Delmas P., et al. Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2005;16(11):1330–8. DOI: 10.1007/s00198-005-1863-y
- 8 Xiang B.Y., Huang W., Zhou G.Q., Hu N., Chen H., Chen C. Body mass index and the risk of low bone mass-related fractures in women compared with men: A PRISMA-compliant meta-analysis of prospective cohort studies. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(12):e5290. DOI: 10.1097/MD.0000000000005290
- 9 Guagnelli M.A., Winzenrieth R., Deleze M., Cons-Molina F., Clark P. Description of normative spine TBS data for men and women in mexican population. *J Clin Densitom*. 2021;24(1):129–34. DOI: 10.1016/j.jocd.2020.06.003
- 10 Khosla S., Monroe D.G. Regulation of bone metabolism by sex steroids. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2018;8(1):a031211. DOI: 10.1101/cshperspect.a031211
- 11 van Dort M.J., Driessen J.H.M., Geusens P., Romme E.A.P.M., Smeenk F.W.J.M., Wouters E.F.M., et al. Vertebral bone attenuation in Hounsfeld Units and prevalent vertebral fractures are associated with the short-term risk of vertebral fractures in current and ex-smokers with and without COPD: a 3-year chest CT follow-up study. *Osteoporos Int*. 2019;30(8):1561–71. DOI: 10.1007/s00198-019-04977-w
- 12 Christiansen B.A., Harrison S.L., Fink H.A., Lane N.E. Incident fracture is associated with a period of accelerated loss of hip BMD: the study of osteoporotic fractures. *Osteoporos Int*. 2018;29(10):2201–9. DOI: 10.1007/s00198-018-4606-6
- 13 Wright N.C., Hooker E.R., Nielson C.M., Ensrud K.E., Harrison S.L., Orwoll E.S., et al. The epidemiology of wrist fractures in older men: the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) study. *Osteoporos Int*. 2018;29(4):859–70. DOI: 10.1007/s00198-017-4349-9
- 14 Shin M.H., Zmuda J.M., Barrett-Connor E., Sheu Y., Patrick A.L., Leung P.C., et al. Race/ethnic differences in associations between bone

- mineral density and fracture history in older men. *Osteoporos Int.* 2014;25(3):837–45. DOI: 10.1007/s00198-013-2503-6
- 15 Harvey N.C., Odén A., Orwoll E., Lapidus J., Kwok T., Karlsson M.K., et al. Measures of physical performance and muscle strength as predictors of fracture risk independent of FRAX, falls, and aBMD: a meta-analysis of the osteoporotic fractures in men (MrOS) study. *J Bone Miner Res.* 2018;33(12):2150–7. DOI: 10.1002/jbmr.3556
  - 16 Gajic-Veljanoski O., Papaioannou A., Kennedy C., Ioannidis G., Berger C., Kin On Wong A., et al. Osteoporotic fractures and obesity affect frailty progression: a longitudinal analysis of the Canadian multicentre osteoporosis study. *BMC Geriatr.* 2018;18:4. DOI: 10.1186/s12877-017-0692-0
  - 17 Shen J., Leslie W., Nielson C., Majumdar S., Morin S., Orwoll E. Associations of body mass index with incident fractures and hip structural parameters in a large canadian cohort. *J Clin Endocrinol Metab.* 2016;101(2):476–84. DOI: 10.1210/jc.2015-3123
  - 18 Nethander M., Pettersson-Kymmer U., Vandenput L., Lorentzon M., Karlsson M., Mellström D., et al. BMD-related genetic risk scores predict site-specific fractures as well as trabecular and cortical bone microstructure. *J Clin Endocrinol Metab.* 2020;105(4):e1344–57. DOI: 10.1210/clinem/dgaa082
  - 19 Samelson E.J., Broe K.E., Xu H., Yang L., Boyd S., Biver E., et al. Cortical and trabecular bone microarchitecture as an independent predictor of incident fracture risk in older women and men in the Bone Microarchitecture International Consortium (BoMIC): a prospective study. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2019;7(1):34–43. DOI: 10.1016/S2213-8587(18)30308-5
  - 20 Yalaev B., Tyurin A., Prokopenko I., Karunas A., Khusnutdinova E., Khusainova R. Using a polygenic score to predict the risk of developing primary osteoporosis. *Int J Mol Sci.* 2022;23(17):10021. DOI: 10.3390/ijms231710021
  - 21 Tiurin A.V., Khusainova R.I., Gantseva Kh.Kh., Akhilarova K.E., Sadretdinova L.D., Akhmetova A.M., Minigalina K.M.; Bashkir State Medical University. Method for predicting the development of flat feet in young people: Russian Federation patent 2784354 C1. 2022 May 06.